



修士論文

拡張現実感を用いた低認知負荷 情報提供エージェントの提案と評価

早稲田大学大学院基幹理工学研究科

情報理工・情報通信専攻

赤崎 日菜

学籍番号 5116F002-7

提出 2018 年 1 月 30 日

指導教授 中島 達夫

A Study on a Low Cognitive Load Information Delivering Agent using Augmented Reality Technologies

Hina Akasaki

Thesis submitted in partial fulfillment of
the requirements for the degree of

Master in Computer Science and Communications Engineering

Student ID	5116F002-7
------------	------------

Submission Date	January 30, 2018
-----------------	------------------

Supervisor	Professor Tatsuo Nakajima
------------	---------------------------

Department of Computer Science and Engineering
School of Fundamental Science and Engineering
Waseda University



概要

近年、拡張現実感を使用したシステムはめざましく発展しており、今後、人が常に小型ヘッドマウントディスプレイを装着し、拡張現実感環境で情報取得を行う未来が到来すると考えられる。本研究では、そのような未来において、より低認知負荷、低ストレスで情報提供を行えるようなエージェントとして、キャラクターとのアイコンタクトによって情報を取得するシステムを提案する。

また、その評価実験を行うことで、提案システムの有用性や改善点を分析し、拡張現実感環境において低認知負荷な情報提供を行うエージェントシステムのデザイン手法についての知見をまとめる。

目次

第1章	序論.....	1
1.1	背景	1
1.2	目的	2
1.3	論文の構成.....	2
第2章	関連事例および研究	4
2.1	関連事例	4
2.2	関連研究	5
2.2.1	AwareMirror	5
2.2.2	weAtheR.....	6
2.2.3	Mindful reminder	7
第3章	基本設計思想	8
3.1	提案システムの概要	8
3.2	設計思想	9
3.2.1	インタラクション設計	9
3.2.2	キャラクター設計	9
第4章	事前実験.....	10
4.1	Ambient Bot の構成.....	10
4.2	ユースケース分析.....	11
4.2.1	実験概要	11
4.2.2	インタビュー結果と考察	12
第5章	設計思想の再検討	13
5.1	取得情報の選択	13
5.2	システム構成.....	14

5.2.1	Ambient Bot Mobile の概要	14
5.2.2	複数キャラクターによる情報提供	15
5.2.3	カスタマイズ機能	15
第 6 章	評価実験	17
6.1	実験方法	17
6.2	実験結果	19
6.2.1	キャラクターを複数表示するデザインの評価	19
6.2.2	時間帯に応じた提供情報のカスタマイズ	21
6.2.3	情報の提供形式	22
第 7 章	考察	23
7.1	インタラクションデザインに関する議論	23
7.1.1	設計思想の評価	23
7.1.2	時間帯に応じた提供情報のカスタマイズ	24
7.1.3	シチュエーションに応じた情報表示形式	24
7.2	キャラクターデザインに関する知見	25
第 8 章	将来課題	26
8.1	柔軟な情報表示形式	26
8.2	情報の識別が容易なキャラクターデザイン	26
第 9 章	結論	27
参考文献	28

目次

図 2.1	トヨタ社「カムリ」の AR 情報表示	4
図 2.2	AwareMirror	5
図 2.3	weAtheR.....	6
図 2.4	Mindful reminder	7
図 3.1	Ambient Bot のコンセプトイメージ	8
図 4.1	Ambient Bot のスクリーンショット	11
図 4.2	Ambient Bot で使用したキャラクターの 3D モデル	11
図 5.1	Ambient Bot Mobile のコンセプトイメージ	13
図 5.2	Ambient Bot Mobile のスクリーンショット（ニュース）	14
図 5.3	Ambient Bot Mobile のスクリーンショット（天気予報）	15
図 5.4	Ambient Bot Mobile で使用したキャラクターの 3D モデル	15
図 5.5	ウィンドウ表示と読み上げの設定画面	16
図 5.6	時間帯に応じた取得情報の設定画面	16
図 5.7	キャラクターと情報の対応付け設定画面	16
図 6.1	実験風景	18
図 6.2	情報取得所要時間	19
図 6.3	キャラクターに関するアンケート結果	20
図 6.4	情報提供エージェントとしてキャラクターとアイコンのどちらが好きか	20
図 6.5	カスタマイズに関するアンケート結果	21
図 6.6	座って作業をしているとき、どの形式が一番適していると感じたか？	22
図 6.7	電車で座っているとき、どの形式が一番適していると感じたか？	22
図 6.8	歩いて使うとき、どの形式が一番適していると感じたか？	22

表目次

表 4.1	事前実験のインタビュー結果	12
表 6.1	キャラクターと提供情報の種類の対応の集計結果	20
表 6.2	時間帯に応じた提供情報カスタマイズの集計結果	21

第1章 序論

本章では，本研究の背景，目的，および本論文の構成について述べる．

1.1 背景

近年では，携帯電話やスマートフォン，タブレット端末が広く普及したことにより，多くの人が時間や場所を問わず日常的にインターネットにアクセスし，情報を得られるようになった．総務省の情報通信白書によると，2016 年末時点でスマートフォンを含むモバイル端末の日本における世帯保有率は 94.7%と非常に高く，インターネット普及率は 83.5%と，この 10 年間で 10%以上増加している [1]．また，インターネットを利用している 20 代以上の成人の半数以上が地図・交通情報，天気予報，ニュースなど，日常生活において必要な情報をインターネットから取得しており，インターネットの情報は生活に欠かせないものとなった．

一方，カメラが搭載されたスマートフォンの普及に伴い，拡張現実感（Augmented Reality，以下 AR）を使用したシステムが増えてきている．Niantic 社の「Pokémon Go¹」をはじめとした，AR を用いたゲームアプリケーションだけでなく，Google 社のスマートフォン向け「Google 翻訳²」が従来のテキスト翻訳に加えてカメラを通して現実世界の画像中の文字を翻訳するリアルタイム翻訳機能を実装するなど，実用的な AR システムも多く登場している．また，カメラを使用せずに透過型のディスプレイデバイスを用い，現実世界に直接情報が表示されているように見せるシステムも増えてきている．例えば，道案内などの乗用車の運転に必要な情報をフロントガラスに直接投影する技術が多く研究されており [2] [3] [4]，実用化も進んでいる．また，Microsoft 社の HoloLens³に代表される既存の透過型ヘッドマウントディスプレイには，視野角が狭い，持ち運びに適した大きさでないなどの問題があるが，小型化・軽量化を目指した開発が進んでおり，Samsung 社をはじめとした複数の企業がコンタクトレンズ型ヘッドマウントディスプレイの開発に着手している [5] [6]．コンタクトレンズのように小さく，安価なヘッドマウントディスプレイが広く普及すれば，多くの人が日常的に AR 環境で情報取得ができるようになると考えられる．

このような次世代の AR 環境では，現在多くの人がスマートフォンなどのモバイル端末で取得しているような様々な情報を，ユーザーの視界に直接表示することが可能になる．このインタラクション

¹ <http://www.pokemongo.jp/>

² <https://translate.google.co.jp/>

³ <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>

デザインは日常生活でシームレスに情報取得をすることができて便利である反面、視界に常に多くの情報が表示されていると認知負荷が高くなり、ユーザーにとって、求めている情報だけをストレスなく取得することが困難であると考えられる。

1.2 目的

本研究では、コンタクトレンズ型ヘッドマウントディスプレイのような小型で安価な透過型ヘッドマウントディスプレイが広く普及し、多くの人が日常的にAR環境で情報取得を行う時代において、ユーザーの周囲に常に存在しているように見えるキャラクターを用いることで、日常生活でユーザーが求めている情報をより少ない認知負荷で提供することを目指すエージェントシステムを提案する。またそのプロトタイプシステムを作成し、日常生活で想定される様々なシチュエーション下で評価実験を行う。キャラクターを用いることによるユーザーへの影響や、各シチュエーションに適した情報提供の手法を分析することで、AR環境における情報取得の認知負荷を削減するインタラクションのデザイン手法に関する知見を得る。

1.3 論文の構成

以降の本論文の構成は以下の通りである。

第2章 関連事例および研究

拡張現実感を用いた情報提供に関する事例や、本研究の関連研究について述べる

第3章 基本設計思想

本研究で提案するシステムの基本設計思想を述べる。

第4章 事前実験

プロトタイプシステム「Ambient Bot」の構成とユースケース分析の結果について述べる。

第5章 設計思想の再検討

事前実験の結果を踏まえて設計したプロトタイプシステム「Ambient Bot Mobile」の構成を述べる。

第6章 評価実験

評価実験の方法、結果を述べる。

第7章 考察

評価実験の結果に対する考察を述べる.

第8章 将来課題

評価実験の結果と考察をもとに, 今後の課題について述べる.

第9章 結論

本研究の結論を述べる.

第2章 関連事例および研究

本章では，拡張現実感を用いた情報提供に関する事例や，本研究の関連研究について述べる．

2.1 関連事例

現在では，日常生活で装着したまま活動ができるような透過型ヘッドマウントディスプレイは実用化されていないが，限られた環境，例えば乗用車におけるヘッドアップディスプレイを用いた情報提供システムの事例はいくつか存在する．トヨタ社の「カムリ⁴」など，いくつかの最新車種では，フロントガラスの視野内に車速や道案内などの情報を投影する機能が搭載されており，運転者は前方から目を離すことなく安全にこれらの情報を確認できる．情報を切り替えるためのスイッチ類はハンドル上に配置してあるため，ハンドルから手を放す必要もない．自動車の運転では周囲の状況や車体の状況など注意を払うべき情報が多く，ハンドルから手を放してカーナビゲーションシステムの操作を行う，前方から目を離してスピードメーターを確認するといった行動により前方の視覚情報が不足し，事故につながることもある．よって，最新車種で採用されているような AR を使用した情報表示で運転者の認知負荷を削減することは，今後の自動車産業の進歩において必要不可欠である．

乗用車の運転では常にフロントガラス越しに外界の情報を得るため，フロントガラスに情報を投影することで AR による情報表示が実用化されているが，多くの人が常にヘッドマウントディスプレイを装着する時代になれば，日常生活においても AR による情報表示が実用化されと考えられる．そのような未来において，ユーザーの認知負荷を削減することで普段の活動のパフォーマンスを保つことも重要であるといえる．



図 2.1 トヨタ社「カムリ」の AR 情報表示

(出典：<https://newsroom.toyota.co.jp/en/download/17716784>)

⁴ <http://toyota.jp/camry/interior/cockpit/>

2.2 関連研究

2.2.1 AwareMirror

AwareMirror は、藤波らの研究で提案された、鏡を利用した情報提供システムである [7]。このシステムでは、天気予報や交通情報、次の予定までの残り時間といった、日常生活に関する有用な情報を鏡に表示する。鏡は多くの人が毎朝の洗顔や歯磨き行為に用いるものであり、このように日常的に使用する物に情報を表示することで、ユーザーは普段の行動の中で追加の機器を操作することなく情報を取得することができる。ユーザーが鏡の前で歯磨きを開始すると、図 2.2(a)のようにアイコンなどを用いた概要情報が鏡に表示される。詳細を知りたいと思った際には、鏡の下部に設置されたタッチセンサを押下することで、図 2.2(b)または図 2.2(c)のような詳細情報表示モードに遷移する。



図 2.2 AwareMirror

(出典：参考文献 [7])

この研究では、AwareMirror のインタラクション方法を評価するために、以下の 3 項目において条件を変更し、比較実験を行っている。

- (1) 概要情報表示画面の手動／自動表示
- (2) 詳細情報表示画面への手動／自動切換え
- (3) 詳細情報表示画面に鏡の機能を残す／残さない

前述の基本設計では概要情報表示画面は自動表示、詳細情報表示画面は手動表示であるが、概要情報の表示を手動にした場合は、ユーザーが鏡の前で歯磨きを開始しても概要情報表示画面は表示されず、鏡下部のタッチセンサを押下することで表示される。詳細情報表示画面への遷移を自動にした場合は、タッチセンサを押下しなくても、概要情報を一定時間表示したのちに自動で切り替わる。(3)については、図 2.1(b)のように詳細情報をテロップで表示し、鏡として使用できる部分を残した場合と、図 2.1(c)のように鏡の全面に詳細情報を表示した場合を比較している。

その結果、(1) に関しては、被験者の意見はちょうど半数ずつに分かれた。自動表示を好んだ被験者が朝の忙しい時間帯は特にタッチセンサの押下という単純な動作さえもコストになることを指

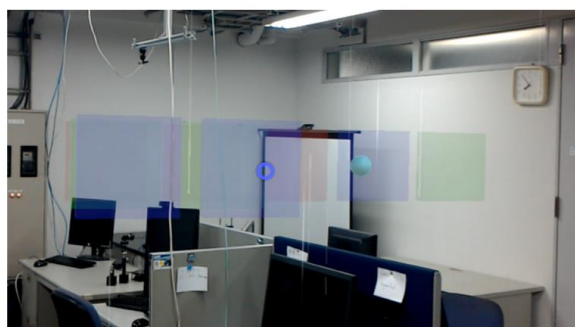
摘している一方で、手動表示を好んだ被験者は情報が必要でないときは通常の鏡として使いたいという意見であった。(2)に関しては、手動表示の方が好まれた。詳細情報は必要なときのみに取得したいという被験者が多かったためである。(3)については、図 2.1(c)にあるような全画面の表示が好まれた。これは、テロップ表示は目で追いつける必要がある一方で、全画面表示は一瞬で全体に目を通すことができたためであった。

この研究結果から、ユーザーの日常生活の活動を妨害することなく快適な情報提供を行うには、必要なとき以外に視覚的コストの高い情報を提供しないことが重要であり、逆に詳細な情報が必要である場合には、必ずしも鏡を見るというような日常の視覚情報を残す必要はないと考えられる。

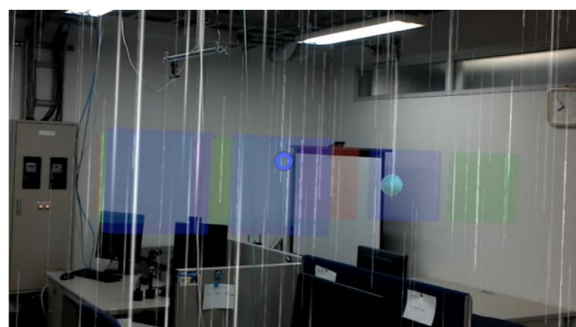
2.2.2 weAtheR

weAtheR は、成田らが 2017 年に発表した、HoloLens 向けのアプリケーションである [8]。このシステムでは、ユーザーの注意を日常の活動から逸らすような通知を行うことなく、無意識のうちに天気情報を感じ取れるような情報提供を提案している。に示したように、AR を用いて外の天気をグラフィカルに表現し、またその天気をイメージした音声を再生することで、天気情報を通知する。

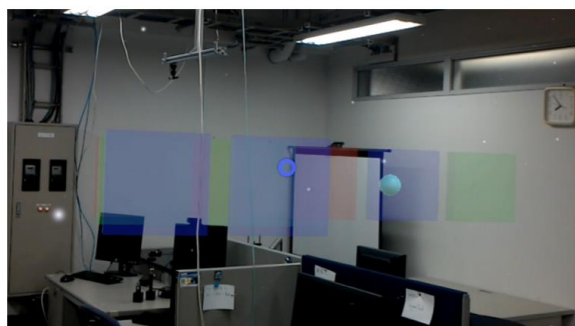
このシステムで与えられる情報は天気の印象のみであり、詳細な情報を取得することはできないが、拡張現実感を用いることで低認知負荷な情報提供システムを実現した例として挙げることができる。



(a) 雨



(b) 風



(c) 雪



(d) 机の上に雪が積もっている様子

図 2.3 weAtheR

(出典：参考文献 [8])

2.2.3 Mindful reminder

Mindful reminder は、石沢らの研究においてケーススタディとして提案されたシステムである [9]。このシステムは、本研究と同様に、ヘッドマウントディスプレイの常用が一般的になった未来を想定してデザインされており、日常生活におけるリマインダー通知をユーザーの知人が行ってくれるように見せるものである。この通知は代替現実 (Alternative Reality) の技術を用いて行われるため、ユーザーは知人が仮想的に表示されているものであることに気付かず、実際の知人による通知であると感じる設計である。

石沢らはこのケーススタディにおいて、知人を用いたマインドフルなリマインダー通知を行うことで、ユーザーに知人への感謝や、人の親切心といったものを認識する機会を与えることができると考えている。また、知人や他人による通知は社会生活で実際に多く体験するものであるため、ユーザーにとって自然に受け入れることができるものであり、さらに、通知がユーザーの活動を妨害する結果になったときに、不快感を減らすことができると考えられる。本研究では、日常生活に必要な情報を提供するシステムにおいても、このような社会的な枠組みを用いたデザインを適用できるか考える。

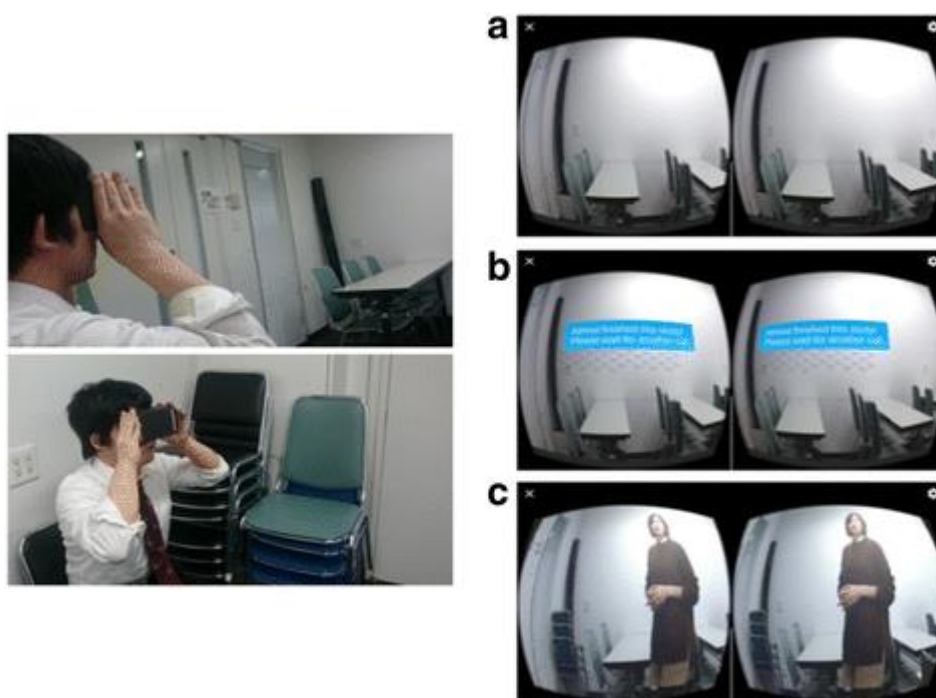


図 2.4 Mindful reminder

(出典：参考文献 [9])

第3章 基本設計思想

本章では，提案システムの基本設計思想について述べる．

3.1 提案システムの概要

本研究では，日常生活でユーザーが求めている情報をより少ない認知負荷で提供することを目指すシステムAmbient Botを提案する． Ambient Botは，図 3.1に示すように，AR技術を用いてユーザーの周囲に浮遊するキャラクターを表示し，情報提供を行うエージェントシステムである． このシステムは，小型で安価な透過型ヘッドマウントディスプレイが広く普及し，多くの人が日常的にAR環境で情報取得を行う時代を想定して設計している．キャラクターはユーザーの日常における活動を妨害しないような位置に常に存在し，ユーザーがキャラクターとアイコンタクトを行ったときのみ，システムはインターネットから取得した情報を，キャラクターを介して提供する．



図 3.1 Ambient Bot のコンセプトイメージ

3.2 設計思想

3.2.1 インタラクション設計

ヘッドマウントディスプレイを用いたシステムへの入力方法としては、ハンドジェスチャー、声、専用コントローラなど、今までに様々なものが提案されてきた。しかし、これらの手法は、特に公共の場でのインタラクションとして自然ではなく、気軽に行うことができない。また、AR環境において、ユーザーが複雑な操作を行うことで目的の情報に到達するのは困難である。そこで、提案システムではアイコンタクトによる入力方法を採用した。アイコンタクトを用いることで、複雑な入力をシステムに与えることはできない一方で、コントローラデバイスを使うことなく、簡単かつ自然なインタラクションを行うことができる。

3.2.2 キャラクター設計

Ambient Bot では、ユーザーは、情報が必要になった際に、自分の周りに常に浮遊しているオブジェクトに単にアイコンタクトを行うだけで情報を獲得することができる。アイコンタクトが行われない間は、オブジェクトをユーザーの視界の妨げにならない位置に自動的に移動させることで、ユーザーはこのオブジェクトの存在を強く意識することなく普段通りの活動を行うことができる。このようなインタラクション設計上、ユーザーがアイコンタクトを行うためのオブジェクトは、ユーザーの周りを浮遊しながら移動する性質を持っている必要がある。そこで提案システムでは、この浮遊するオブジェクトをクラゲのキャラクターとしてデザインした。

情報を提供するエージェントをキャラクターに見立てることは、Microsoft の「Office アシスタント⁵」やNTT ドコモの「しゃべってコンシェル⁶」など、これまでのコンピューターやスマートフォン向けのアプリケーションでも典型的であり、また、アニメーション作品などフィクションでも多く採用されてきた。そのため、ユーザーにとって情報提供の手段としてキャラクターを用いることは不自然ではないと考えられる。また、2.2.3 節で述べたように、ノーティフィケーションの手段として社会的な枠組みを用いることは、ストレスの少ない情報提供を目指すうえで重要であると考えられる。そこで、本研究では、愛着のわくような生き物のキャラクターを用いることで、日常生活において自然にかつマインドフルなノーティフィケーションを行うことを目指す。

さらに、人間のキャラクターや、犬や猫などの地上に生息する動物をモチーフにしたキャラクターが身の回りに常に浮遊しているのはユーザーにとって不自然であると考え、海中を常に浮遊するクラゲのデザインを採用した。

⁵ <https://support.microsoft.com/ja-jp/help/881082>

⁶ https://www.nttdocomo.co.jp/service/shabette_concier/

第4章 事前実験

本章では、プロトタイプシステム「AmbientBot」の構成とユースケース分析の結果を述べる。

4.1 Ambient Bot の構成

本研究では、提案システムの評価に先立ち、第 3 章で述べた設計思想をもとにプロトタイプシステム「Ambient Bot」を作成した。本プロトタイプは Windows 7 向けのアプリケーションであり、ヘッドマウントディスプレイとして Oculus Rift⁷ Development Kit 2 を使用する。Oculus Rift の前方に Web カメラを取り付け、カメラが取得した映像を Oculus Rift にリアルタイムに表示することで、疑似的に透過型ヘッドマウントディスプレイを実現した。制作ツールにはゲームエンジンの Unity⁸を使用しており、開発言語は C#である。

人がインターネットから日常的に取得する情報には、天気予報や交通情報、自身の予定のリマインドなど、生活における意思決定に直接関与するものの他、ニュース記事やスポーツの試合結果など、主に好奇心を満たすためにアクセスするもの、電子メールやソーシャルネットワーキングサービスなど他人と交流するためにアクセスするものなどがある。このように様々な目的で取得する情報を幅広く取り入れるために、本プロトタイプで提供する情報として、ニュース、天気予報、ソーシャルネットワーキングサービスの 3 種類を実装した。各情報はそれぞれ Google News API⁹、WeatherHack API¹⁰、Twitter API¹¹を用いてインターネットから取得する。

図 4.1 は、本プロトタイプシステムを使用している実際の様子と、ユーザーが見ている画面のスクリーンショットである。アイコンタクトを行っていない場合は、キャラクターはユーザーの視野角内から出ていく方向に移動し、ユーザーが見ている方向の斜め後ろの位置で待機する。アイコンタクトが行われた際には、キャラクターのアニメーションと、合成音声、テキスト表示を用いて情報提供が行われる。音声の合成には VoiceText Web API¹²を利用した。人間が瞬時に情報を受容できる有効視野は水平方向約 30 度、垂直方向約 20 度以内であるといわれているため [10]、Oculus Rift が向いている向きの有効視野角内にキャラクターがいれば、アイコンタクトを行っていると定義した。

⁷ <https://www.oculus.com/rift/>

⁸ <https://unity3d.com/>

⁹ <https://newsapi.org/s/google-news-api>

¹⁰ http://weather.livedoor.com/weather_hacks/

¹¹ <https://developer.twitter.com/>

¹² <https://cloud.voicetext.jp/webapi>

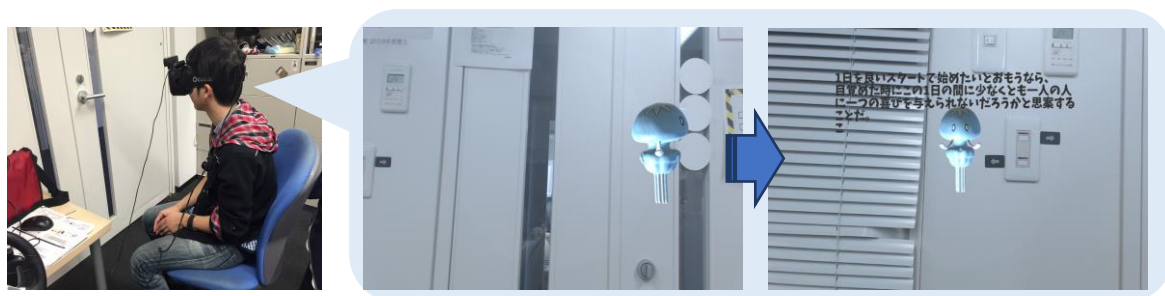


図 4.1 Ambient Bot のスクリーンショット

クラゲのキャラクターの 3D モデルは Blender¹³を用いて作成した．またキャラクターデザインによる効果を比較するため，リアルな人間のキャラクターの 3D モデル¹⁴も使用した．使用した 3D モデルのスクリーンショットを図 4.2 に示す．本プロトタイプでは，実験者が手動でモードを切り替えることで，エージェントキャラクターの見た目および提供する情報の種類を変更する．



図 4.2 Ambient Bot で使用したキャラクターの 3D モデル

4.2 ユースケース分析

4.2.1 実験概要

事前実験では，第 3 章で述べた設計思想をもとに作成したプロトタイプシステム「Ambient Bot」を用いてユースケース分析を行うことで，実装すべき機能を検討する．また，設計思想の有用性の検証と，現状の提案システムの問題点，改善すべき点の抽出を行う．実験方法は，被験者にキャラクター 2 種類と取得情報 3 種類の組み合わせ全通りについて情報取得を体験させたのちに，インタビューを行うものである．被験者は 5 人で，4 人が男性で 1 人が女性，年齢は 21～23 歳であった．インタビューでは本システムのユースケース，キャラクターによる差異，システムの良い点や改善点について質問を行ったのち，被験者に自由にコメントしてもらった．

¹³ <https://blender.jp/>

¹⁴ <https://assetstore.unity.com/packages/3d/characters/humanoids/man-in-a-suit-51662>

4.2.2 インタビュー結果と考察

インタビューにおいて、複数人から得られたコメントを表 4.1 に示す。ユースケースについては、朝起きた際に天気予報やニュースを取得したい、暇な時に情報を提供してほしいといったコメントが多かった。システムの改善点として、図 4.1 のように現実世界に直接テキストを表示する形式が読みづらい、読み切れないといった意見が多かったが、アイコンタクトを行うだけで情報にアクセスでき、デバイス进行操作する必要が無いという基本設計については全体的に好評であった。

また、知りたい情報をユーザーが選択することができないのが不便であるという意見が多く得られた。本プロトタイプでは評価のために情報の種類の切り替えを実験者が手動で行ったが、この方式は被験者にとって自然ではなく、様々な種類の情報の提供を実現するためには、アイコンタクトを行うのみで情報を取得できるというインタラクションを変えずに情報の種類の選択を行えるデザインが必要である。

表 4.1 事前実験のインタビュー結果

設問	回答
ユースケース	朝起きたときに天気予報やニュースを教えてくれたら便利 暇な時やふとした瞬間に情報を提供してくれるのが良い
キャラクターについて	ニュースは人間のキャラクターの方が適している SNS はクラゲのキャラクターの方が適している 人間の声の方が低くて心地が良い クラゲはもう少し生き物らしい動きをしてほしかった
システムについて	情報を得るのに何も操作する必要がないのは便利 テキストが長くて読み切れないことがあった テキストの表示位置や色が背景とかぶると読めない 知りたい情報を選択することはできない エージェントと会話をしたかった

第5章 設計思想の再検討

本章では、再設計したプロトタイプシステム「Ambient Bot Mobile」の構成を述べる。

5.1 取得情報の選択

事前実験で得られた、取得する情報の種類を選択できるようにするという課題を解決するために、提案システムの設計思想を再検討した。現在一般的なスマートフォンやタブレットなどのデバイスでは、ホーム画面からアプリケーションのアイコンを選択し、目的のアプリケーションを立ち上げて情報を取得する。例えば朝起きたとき、今日の天気を知りたいと思った場合には、スマートフォンを取り出して天気予報のアプリケーションのアイコンをタップすれば、望みの情報が手に入る。

そこで、提案システムの課題を解決するために、図 5.1 に示すように、キャラクターをユーザーの周囲に複数表示し、各キャラクターが単一の種類の情報提供を担当する。ユーザーは、アプリケーションのアイコンを選ぶのと同じように、該当のキャラクターを選んでアイコンタクトを行うことで、目的の情報を得ることができる。このデザインでは、キャラクターが増えたことで認知負荷が高くなることが懸念される。認知負荷を抑えるためには、ユーザーが求めている可能性が高い情報ほど見やすい位置に表示する必要がある。ユーザーが求めている情報を適切に提供するには、システムがセンシングや学習を行って判断するか、ユーザーがあらかじめカスタマイズしておく手法が有用であると考えられる。



図 5.1 Ambient Bot Mobile のコンセプトイメージ

5.2 システム構成

5.2.1 Ambient Bot Mobile の概要

図 5.1 で示したような設計思想をもとに、プロトタイプシステム「Ambient Bot Mobile」を作成した。本プロトタイプは Android スマートフォン向けのアプリケーションであり、Google Cardboard¹⁵ を使用してスマートフォンをヘッドマウントディスプレイとして使用する。Ambient Bot と同じように、スマートフォンのカメラが取得した映像を画面にリアルタイムに表示することで、疑似的に透過型ヘッドマウントディスプレイを実現した。制作ツールは Unity、開発言語は C# である。

本プロトタイプでは、5.1 節で述べたように、欲しい情報などをあらかじめカスタマイズしておく機能を搭載している。そのため、ユーザーにとって親しみのあるデバイスで気軽にカスタマイズを行えるように、スマートフォン向けのアプリケーションとして実装した。これにより、慣れないデバイスでカスタマイズを行うことによる評価結果への影響を除去している。また、スマートフォン向けに実装することで、前回のプロトタイプシステム Ambient Bot ではデスクトップ PC が必要だったために不可能であった、屋外での実験を可能にする。さらに、ユーザーにとって現在身近な存在であるスマートフォンを用いて実験を行うことで、ヘッドマウントディスプレイが一般的になった未来という本研究の前提を想定しやすくなるというねらいもある。

取得情報の種類や情報の取得元、読み上げ機能の実装は Ambient Bot と同一であるが、4.2.2 節で示したインタビュー結果を受け、Ambient Bot Mobile では情報の表示形式を改良した。図 5.2 はニュース、図 5.3 は天気予報を表示している際の実際のスクリーンショットである。背景に直接テキストを表示する形式ではテキストの視認性と可読性が低かったために、背景が透けて見える半透過色のウィンドウを表示し、その上にテキストを表示した。ニュース記事に添付されていた写真や天気アイコンなど画像を添えることで、概要を直感的に理解できるようにした。

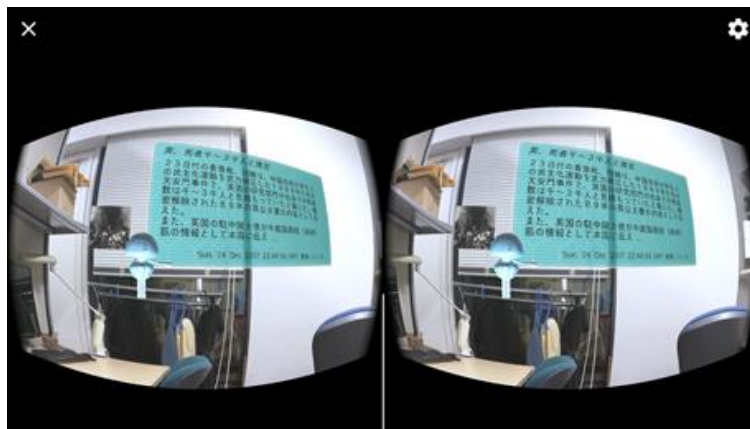


図 5.2 Ambient Bot Mobile のスクリーンショット（ニュース）

¹⁵ https://vr.google.com/intl/ja_jp/cardboard/

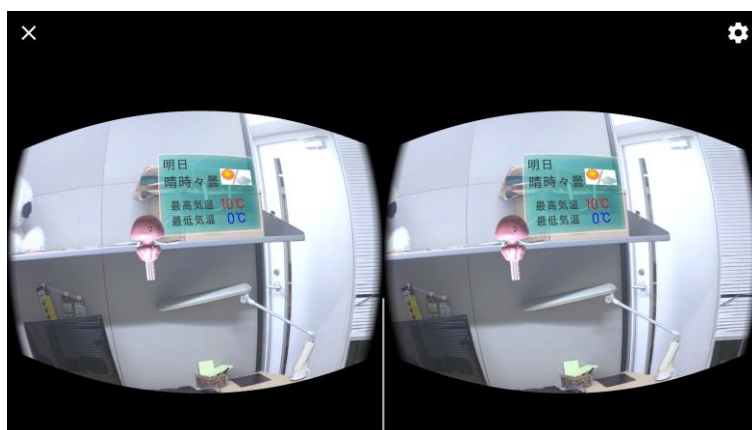


図 5.3 Ambient Bot Mobile のスクリーンショット（天気予報）

5.2.2 複数キャラクターによる情報提供

Ambient Bot Mobile は、求めている情報の選択を可能にするために、ユーザーの周囲に常に複数のキャラクターを表示する。実際に使用した 3D モデルのスクリーンショットを図 5.4 に示す。各キャラクターは、ユーザーからアイコンタクトをされた際に、ニュース、天気予報、ソーシャルネットワークサービスのうちどれか 1 種類の情報のみをウィンドウ表示とボイス読み上げによって提供し、アイコンタクトされているキャラクター以外は、ユーザーの視界から立ち去る。



図 5.4 Ambient Bot Mobile で使用したキャラクターの 3D モデル

5.2.3 カスタマイズ機能

Ambient Bot Mobile では、ユーザーが求めている情報をシステムが把握し、該当のキャラクターを見やすい位置に移動することで、複数キャラクターによる情報表示のユーザビリティを向上するため、Ambient Bot には存在しなかったカスタマイズ機能を追加した。スマートフォンで Ambient Bot Mobile を立ち上げ、タイトル画面左上の設定アイコンをタップすると、カスタマイズ画面がポップアップウィンドウで表示される。設定アイコン以外の箇所をタップすると、図 5.2 や図 5.3 に示したヘッドマウントディスプレイモードに移行する。

4.2.2節で示したユースケース分析の結果によると、朝起きたときに天気予報などが知りたいとコメントした被験者が複数おり、その他にも電車移動中や夜寝る前などのユースケースを挙げた被験者もいた。よって人の欲しい情報は時間帯によって異なる可能性が高いと考え、時間帯に応じて欲しい情報をカスタマイズできるようにした。図 5.6 はその設定画面のスクリーンショットである。

また、キャラクターと情報種類の対応付けに関する知見を得るために、これをユーザーが設定できるようにした。図 5.7 はその設定画面のスクリーンショットである。さらに、情報表示手法に関する評価を行うために、ボイス読み上げとウィンドウ表示のそれぞれについてオン／オフの設定ができるようにした。この設定画面のスクリーンショットを図 5.5 に示す。



図 5.6 時間帯に応じた取得情報の設定画面



図 5.7 キャラクターと情報の対応付け設定画面



図 5.5 ウィンドウ表示と読み上げの設定画面

第6章 評価実験

本章では、評価実験の方法と結果を述べる。

6.1 実験方法

適切な情報表示形式はシステムを利用するシチュエーションによって異なると考えられる。例えば、情報の書かれたウィンドウの表示は、歩行時など背景の情報が必要であるときには適切でないことが推察される。そこで、被験者にいくつかのシチュエーションで Ambient Bot Mobile を使用させ、ボイス読み上げとウィンドウ表示の設定を変えさせることで、各シチュエーションに適した情報表示方法を考える。3つのシチュエーションは、多くの学生や社会人にとって日常的である、ユーザーがデスクに座って日常の作業を行っているとき、電車で移動しているとき、歩行しているときとした。実験に使用した Android スマートフォンの機種は Nexus 6¹⁶である。

本実験の被験者は10人であり、そのうちの8名が男性で2名が女性、年齢は22～24歳である。被験者には、最初に自由に Ambient Bot Mobile を使用させたのち、キャラクターと提供情報種類の対応付けと、時間帯に応じた提供情報のカスタマイズを行ってもらい、その後、3つのシチュエーションでシステムを使用し、各シチュエーションにおいてウィンドウ表示、ボイス読み上げの設定を変更して、より良いと感じた情報表示形式を選ぶ。最後に、ユーザーがスマートフォンのアイコンを選ぶのと同じように直ちにキャラクターを選び、アイコンタクトが行えるかどうかを評価するため、スマートフォンによる情報取得と、Ambient Bot Mobile による情報取得にかかる所要時間を、ストップウォッチを用いて計測した。キャラクターの待機位置を把握した状態で計測するために、このステップは最後に行う。以上の全てのタスクが終了した後、実験後アンケートを受けてもらい、アンケートの結果を見ながらインタビューを行う。

デスク作業と歩行中のシチュエーションは実際の環境で行うことができたが、電車移動のシチュエーションは、被験者にヘッドマウントディスプレイを装着させて実際の公共交通機関を利用させるのは安全面などの問題があるために、映像によるシミュレーションを行った。Ambient Bot Mobile はスマートフォンのカメラを用いて疑似的に透過型ヘッドマウントディスプレイを実現しているため、カメラからの映像の代わりに任意の360度映像を表示してシミュレーションを行うことができる。被験者は、室内でソファに座り、あらかじめ電車内で撮影しておいた映像を見ることで電車に乗ってい

¹⁶ <http://www.ymobile.jp/lineup/nexus6/>

るシチュエーションを体験した. 実験が難しいシチュエーションを再現するためにシミュレーションを行う手法は, 過去の研究でも提案されている [11].

実験中の風景を図 6.1 に示す. 図 6.1(a)はデスクでの作業中のシチュエーション, 図 6.1(b)は電車移動中のシチュエーション, 図 6.1(c)は歩行中のシチュエーションで Ambient Bot Mobile を使用している写真である.



図 6.1 実験風景

6.2 実験結果

6.2.1 キャラクターを複数表示するデザインの評価

キャラクターを複数表示して、欲しい情報に対応したキャラクターを、アプリケーションのアイコンを選択するのと同じように選択し、アイコンタクトを行うデザインの妥当性を検証するために計測した。スマートフォンによる情報取得と、Ambient Bot Mobile による情報取得にかかる所要時間の比較を図 6.2 に示す。個人情報保護のため、被験者の識別は番号で行っている。

本実験では、被験者全員が、ニュース、天気予報、ソーシャルネットワーキングサービスの3種類の情報のうち、普段最もアクセスしているのはソーシャルネットワーキングサービスであると回答したため、計測対象はソーシャルネットワーキングサービスとした。ユーザーが情報を欲しいと思ってから実際に情報を手に入れるまでの時間を計測するため、スマートフォンにおいては、服のポケットなど普段持ち歩く際に収納している場所に入れて立った状態から、スマートフォンを取り出してロックを解除し、目的のアイコンをタップして、サービスにおける最新の投稿が目に入るまでの時間を計測した。Ambient Bot Mobile においては、キャラクターが視界にいない状態から該当のキャラクターを探し、アイコンタクトを行ってサービスにおける最新の投稿が目に入るまでの時間を計測した。

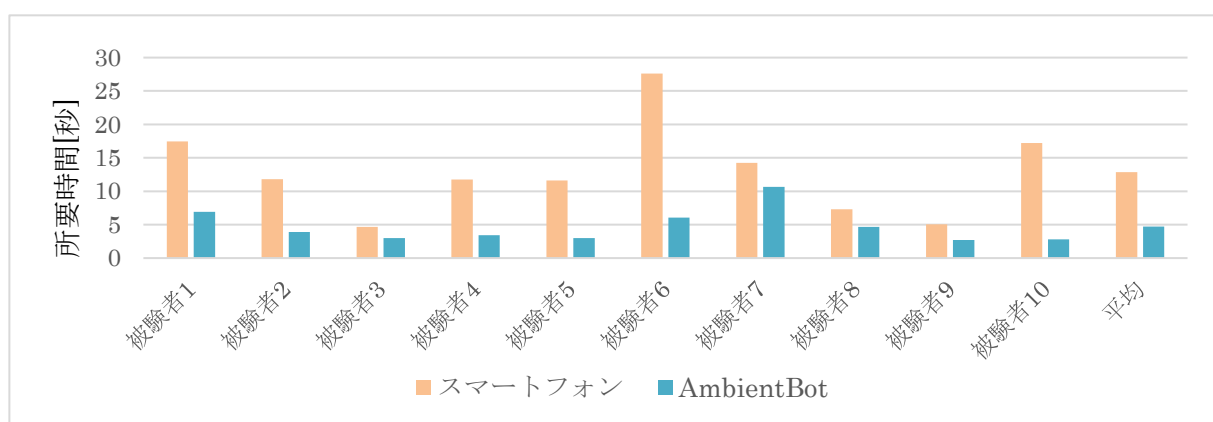


図 6.2 情報取得所要時間

また、実験後アンケートの結果のうち、キャラクターに関するものを図 6.3 に示す。さらに、アイコンタクトを行うためのオブジェクトとして、Ambient Bot Mobile のようにキャラクターを使用するのと、現在のスマートフォンなどで使われているようなアプリケーションのアイコンを使用するのではどちらが好きと感じるかという設問に対する結果を図 6.4 に示す。

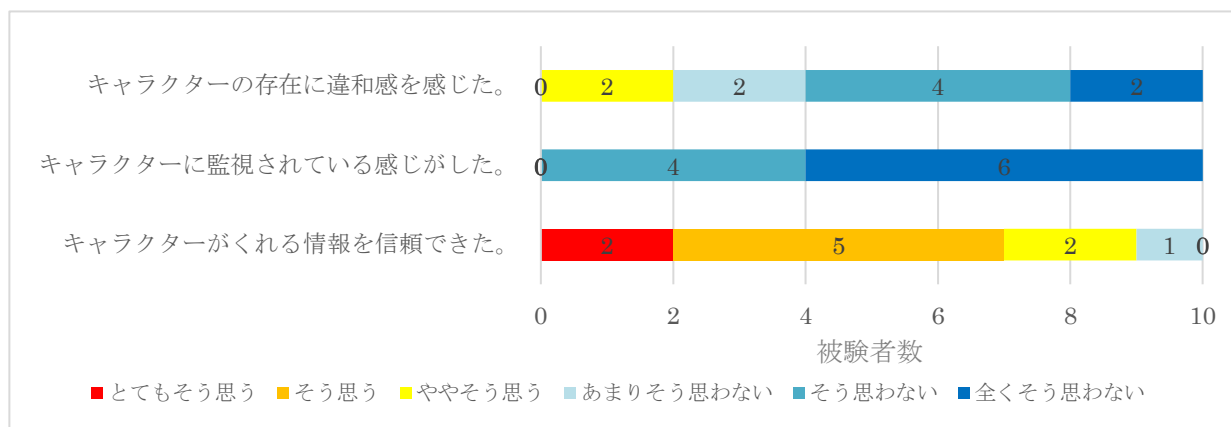


図 6.3 キャラクターに関するアンケート結果

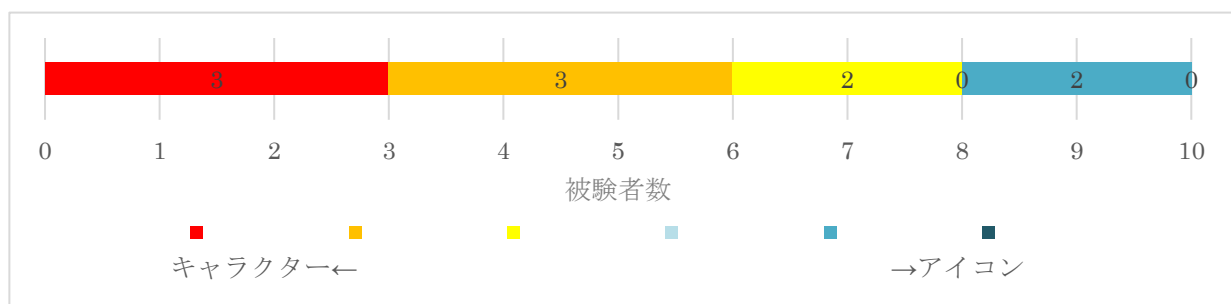


図 6.4 情報提供エージェントとしてキャラクターとアイコンのどちらが好きか

また、時間帯に応じた提供情報種類のカスタマイズ機能で、実際にユーザーが行ったカスタマイズの集計結果を表 6.1 表 6.2 に示す。

表 6.1 キャラクターと提供情報の種類の対応の集計結果

キャラクター	提供情報の種類	被験者数
青いクラゲ	ニュース	0
	天気予報	2
	ソーシャルネットワーキングサービス	8
赤いクラゲ	ニュース	5
	天気予報	5
	ソーシャルネットワーキングサービス	0
黄色のクラゲ	ニュース	5
	天気予報	3
	ソーシャルネットワーキングサービス	2

6.2.2 時間帯に応じた提供情報のカスタマイズ

実験後アンケートの結果のうち、時間帯に応じた提供情報のカスタマイズに関するものを図 6.5 に示す。

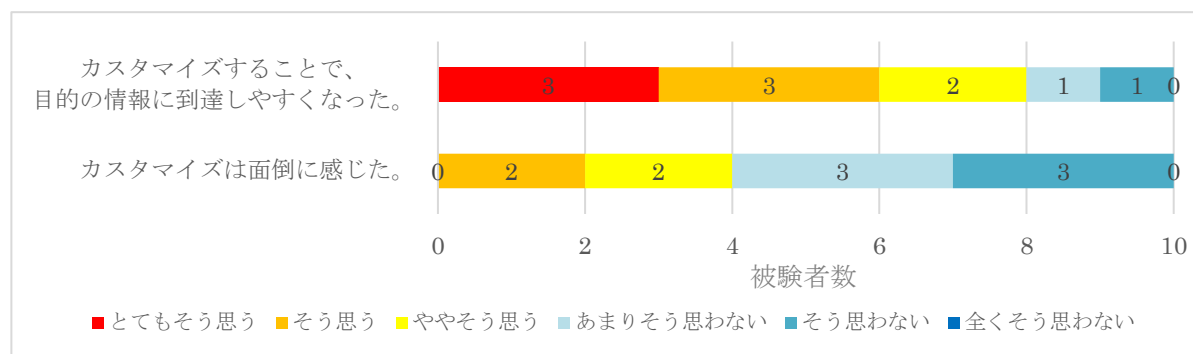


図 6.5 カスタマイズに関するアンケート結果

また、時間帯に応じた提供情報種類のカスタマイズ機能で、実際にユーザーが行ったカスタマイズの集計結果を表 6.2 に示す。

表 6.2 時間帯に応じた提供情報カスタマイズの集計結果

時間帯	提供情報	被験者数
朝起きたとき	今日の天気	10
	ピックアップニュース	3
通学中	ピックアップニュース	4
帰宅中	ピックアップニュース	1
夜(帰宅後)	明日の天気	6
	興味のある分野のニュース	2
	ピックアップニュース	1
	ソーシャルネットワーキングサービス	1
一日中	ピックアップニュース	3
	ソーシャルネットワーキングサービス	3

6.2.3 情報の提供形式

被験者がシチュエーションごとに最終的に選択した、ウィンドウ表示とボイス読み上げのオン／オフ設定を以下に示す．図 6.6 はデスク作業，図 6.7 は電車移動，図 6.8 は歩行中のシチュエーションにおける結果である．

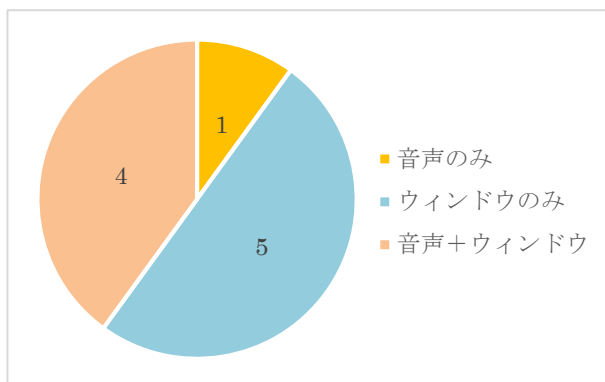


図 6.6 座って作業をしているとき、どの形式が一番適していると感じたか？

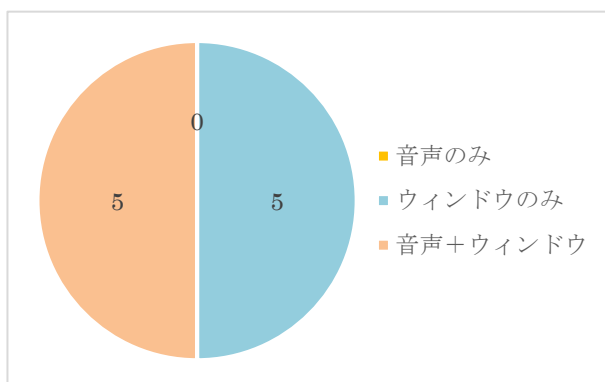


図 6.7 電車で座っているとき、どの形式が一番適していると感じたか？

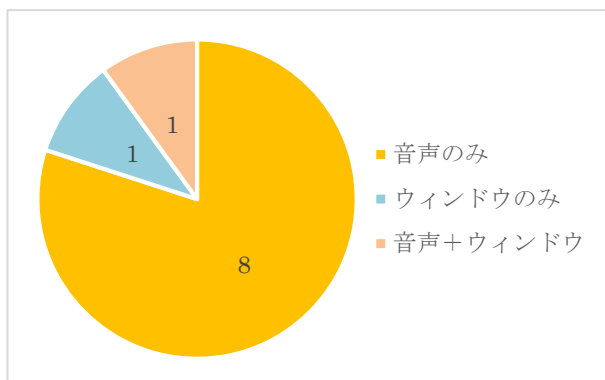


図 6.8 歩いて使うとき、どの形式が一番適していると感じたか？

第7章 考察

本章では、評価実験の結果に対する考察を述べる。

7.1 インタラクションデザインに関する議論

7.1.1 設計思想の評価

提案システムは、キャラクターにアイコンタクトを行うだけでキャラクターが情報をくれるというものである。この基本設計に関しては事前実験の時点で好評であった。また、取得する情報の種類を選択するために、設計思想を再検討し、キャラクターを複数表示するデザインに変更した。その結果、図 5.6 に示されているように、全ての被験者においてスマートフォンを使用するよりも **Ambient Bot Mobile** を使用したほうが早く目的の情報にアクセスできた。提案システムの利点は、スマートフォンを取り出してロックを解除してアプリケーションを立ち上げるといった、デバイスの操作を行うことなく、単に周囲に浮いているキャラクターを探してアイコンタクトを行うだけで情報を取得できることであるが、複数のキャラクターの中から該当のキャラクターを選ぶというプロセスが入っても、この利点は保たれているといえる。

また、キャラクターに情報提供させるという基本設計についても評価を行った。図 6.3 が示すように、ほとんどの被験者がキャラクターの存在に対して違和感を覚えることはなかった。その理由としては、インタビューのコメントなどから、日常生活をサポートする生物型のキャラクターは、アニメーション作品やビデオゲームなどでよく用いられる表現であるために、容易に受け入れることができたと考えられる。また、特にキャラクターの数を増やすことで懸念された、キャラクターから常に監視されている感覚を覚える被験者はいなかった。これに関しては、キャラクターのデザインがコミカルなものであったために、仮想オブジェクトであることが明白であるからといったコメントが得られた。キャラクターが提供する情報の信頼度は全体的に高かったが、文体がインターネットの記事でよくみられるものだったために、インターネットの記事を読んでいるときと同じくらいの信頼度であったというコメントが多く、キャラクターを用いることによる影響ではなかったと考えられる。しかし、毎日使うものとしてキャラクターが助けてくれるのは愛着がわくという意見も得られた。事前実験において、キャラクターにもう少し生き物らしい動きが欲しかったというコメントも複数見られ、アニメーションのパターンを増やす、動きにランダム性を付加するなど、キャラクターにリアリティを持たせることで、キャラクターを知人のように感じて愛着がわき、信頼度が上がる可能性がある。

7.1.2 時間帯に応じた提供情報のカスタマイズ

時間帯に応じた提供情報種類のカスタマイズについては、目的の情報に到達しやすくなったという被験者が多く、面倒に感じた被験者は少なかったため、好評であったといえる。

カスタマイズ内容では、被験者 10 人全員が、起床時間は被験者ごとに異なるものの、自分の起床時間に当日の天気予報が見られるように設定していた。また半数以上が夜の時間帯に次の日の天気を設定した。ユーザーは朝に当日の、夜に明日の天気を知ることによって服装や持ち物に関する意思決定の材料にしている。朝の通勤通学時間にニュースを設定した被験者も多かった。起床時間と合わせると被験者の 7 割が朝の時間帯にニュースを確認している。テレビやラジオの朝のニュース番組や新聞の朝刊などによって、朝にニュースを確認する習慣が根付いている人が多いためと考えられる。このように、多くのユーザーが設定するようなデータセットが存在することが示唆されたため、これらをシステム上であらかじめ設定しておくか、まとまりにしておいて設定しやすくしておくことで、ユーザビリティを高めることができると考えられる。

また全体的に、朝起きたときや通勤中といったシチュエーションを考えて設定する被験者が多かった。よって、提供情報種類を時間帯ではなくシチュエーションと紐づけ、ユーザーが置かれているシチュエーションをセンシングし、該当の情報を提供するデザインも有用であると考えられる。

7.1.3 シチュエーションに応じた情報表示形式

評価実験では、被験者が 3 つのシチュエーションに応じてウィンドウ表示とボイス読み上げの設定を行うことで、各シチュエーションに適した情報表示形式を検証した。デスク作業をしているときは、10 人中 9 人の被験者がウィンドウを表示させたが、ボイス読み上げが必要かどうかは人によるようであった。ボイス読み上げを拒否した被験者は、作業の片手間に情報を取得する際には、視覚情報から必要な部分だけを抜き出して取得しており、記事の一部始終を読み上げる機能を煩わしく思うという意見が多かった。一方で、音声をオンにした被験者からは、ウィンドウを自分で読むよりも音声による補助があるほうが負担は少なく、作業に集中できるという意見もあった。電車に乗っている際は、全員がウィンドウ表示をオンにしたが、ボイス読み上げについてはちょうど半分に分かれた。ボイス読み上げをオフにした被験者は車内放送が聞こえなくなることを指摘した。一方で、ボイス読み上げをオンにした被験者は電車内の音情報は必要でないことを指摘した。音楽とは違い、話し言葉は車内放送と競合する可能性が高い。普段から車内放送を現在地把握の材料にしているユーザーにとっては、音声情報はその妨げになる恐れがある。これに対し、電車内では視覚情報のほとんどは必要のないものであるため、ウィンドウ表示は電車で移動する活動の妨げにならないと考えられる。屋外を歩行している際は、多くの被験者がボイス読み上げのみの提供方法を選択した。歩行時の安全確保のためには外界の視覚情報が必要であり、それを阻害する手法は好まれないと考えられる。

このように人が視覚と聴覚どちらにより意識を向けるかはシチュエーションによって異なるため、日常生活を阻害せずに快適な情報提供を行うためには、シチュエーションによって柔軟に情報提供手法を変更するデザインが必要である。

7.2 キャラクターデザインに関する知見

ユーザーの周りに浮遊するオブジェクトとして、アプリケーションのアイコンと本システムのようなキャラクターではどちらが好きかという設問については、図 6.4 に示すように、キャラクターの方が好評であった。その理由として、生き物のキャラクターの方が浮遊して移動していても違和感がない、日常生活で使うものとしてキャラクターの方が親しみを持てる、アニメーション作品等フィクションの影響でエージェントキャラクターに抵抗感が無いという意見が多く挙げられた。また、被験者の 1 人が、アイコンは単なるランチャーという認識なのでアイコンが直接情報提供してくるのは違和感があると意見した。

一方で、アイコンのほうが好きであると回答した被験者全員が、どのキャラクターがどのコンテンツの提供を担当しているのかを判別することが現状では困難であり、アイコンの方が対応するコンテンツの識別が容易であることを主張した。実際に、表 6.1 に示したキャラクターと提供情報種類の対応付けの集計では、10 人中 8 人が青色のクラゲにソーシャルネットワーキングサービスの情報を紐づけているが、キャラクターの方が好きであると回答した被験者を含めても、全員が理由としてソーシャルネットワーキングサービスとして Ambient Bot Mobile で提供していた Twitter のアプリケーションアイコンが青色であることを挙げた。このことから、アイコンの画像は強くアプリケーション自体のイメージと結びついているものと推察できる。

以上より、クラゲの体にアプリケーションのアイコンを貼り付けるなど、既存のアイコンの概念を取り入れ、提供する情報が視覚的に瞬時に判別できるようなキャラクターデザインが有用であると考えられる。

第8章 将来課題

本章では、評価実験の結果と考察をもとに、今後の課題について述べる。

8.1 柔軟な情報表示形式

本研究では、シチュエーションによって適切な情報表示形式が異なるということが示された。また、時間帯に応じた提供情報種類の設定についても、朝起きたときや通勤中といったシチュエーションを考えて設定する被験者が多かった。よって、ユーザーが置かれているシチュエーションをシステムがセンシングできれば、シチュエーションに適した種類の情報を、シチュエーションに適した情報表示形式で提供することができると考えられる。

8.2 情報の識別が容易なキャラクターデザイン

本研究では、情報提示エージェントをキャラクターとしてデザインすることで愛着がわき、さらに、存在に違和感を覚えさせないということが示された。また、キャラクターを複数表示し、各キャラクターに単一の情報を提供させることで、ユーザーが欲しい情報を選択することができた。しかし、このデザインにはアプリケーションのアイコンと違い、キャラクターが担当している情報が何であるか判別が困難であるという欠点がある。

ユーザーにとって、アクセスしたい情報の種類と、その情報を提供するアプリケーションのアイコン画像のイメージは強く結びついていることがわかったため、今後の発展として、クラゲの体にアプリケーションのアイコンを貼り付けるなど、既存のアイコンを取り入れたキャラクターデザインが有効であると考えられる。

第9章 結論

本研究では、AR 環境での情報取得が一般的になった未来に、より少ない認知負荷で情報を提供するために、ユーザーの周囲に常にキャラクターを表示し、キャラクターにアイコンタクトを行うだけで情報を取得できるシステムを提案した。また、アイコンタクトという単純なインタラクションのみで情報の選択を行うために、複数のキャラクターを表示し、各キャラクターが別々の種類の情報の提供を担当するデザインを提案した。

評価実験の結果、このインタラクション手法は情報への到達速度、キャラクターへの愛着などの点で有効であることが示されたが、キャラクターと情報の種類の対応付けを覚えることはユーザーにとってコストが高く、アプリケーションのアイコンのように、瞬時に判別できるようなデザインが必要であることがわかった。また、ユーザーが置かれているシチュエーションによって、欲しい情報や、適切な情報表方法は異なることが示されたため、将来的には、ユーザーの状況をセンシングする必要がある。

参考文献

- [1] 総務省, "総務省 | 平成 29 年版 情報通信白書 | インターネットの普及状況," 2017. [Online]. Available: <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc262120.html>. [Accessed 12 2017].
- [2] Jung, Hye Sun Park, Min Woo Park, Kwang Hee Won, Kyong-Ho Kim, Soon Ki, "In-Vehicle AR-HUD System to Provide Driving-Safety Information," *ETRI Journal*, vol. 35, no. 6, pp. 1038-1047, 2013.
- [3] Lotfi Abdi, Faten Ben Abdallah, Aref Meddeb, "In-Vehicle Augmented Reality Traffic Information System: A New Type of Communication Between Driver and Vehicle," *Procedia Computer Science*, vol. 73, pp. 242-249, 2015.
- [4] A. Pauzie, "Head Up Display in Automotive: A New Reality for the Driver," *DUXU 2015: Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design*, pp. 505-516, 2015.
- [5] IEEE, "Augmented Reality in a Contact Lens - IEEE Spectrum," 1 9 2009. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/augmented-reality-in-a-contact-lens>. [Accessed 25 1 2018].
- [6] R. Adhikari, "Samsung's AR Vision Includes Smart Contact Lenses," ECT News Network, 12 4 2016. [Online]. Available: <https://www.technewsworld.com/story/83354.html>. [Accessed 25 1 2018].
- [7] 藤波 香織, カウサル ファヒム, 中島 達夫, "鏡を拡張したコンテクストウェア情報表示装置," *情報処理学会論文誌*, vol. 49, no. 6, pp. 1972-1983, 2008.
- [8] 成田 正太郎, 鏡 慎吾, 橋本 浩一, "weAtheR: AR 技術を用いたアンビエントな天気情報の提示," *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集*, pp. 357-358, 2017.
- [9] Fumiko Ishizawa, Mizuki Sakamoto, Tatsuo Nakajima, "Extracting intermediate-level design knowledge for speculating digital-physical hybrid alternate reality experiences," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 77, p. 1-42, 2018.
- [10] 畑田豊彦 他, 眼・色・光 より優れた色再現を求めて, 日本印刷技術協会, 2007.
- [11] Marion Buchenau, Jane Fulton Suri, "Experience prototyping," *Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, pp. 424-433, 2000.

謝辞

本研究の機会を与えてくださり，懇切丁寧な指導を賜りました中島達夫教授に深く感謝，御礼申し上げます．また，共同研究者である具島航太氏，そして，本実験に参加してくださった被験者の方々に深く感謝致します．